

# 경기도 지역의 환경쿠즈네츠곡선 가설검증: 대기오염물질을 중심으로

김지현\* · 김미숙\*\*

## <目次>

I. 서론	2. 분석자료
II. 경제성장과 환경오염의 관계	IV. 실증분석결과
1. 환경쿠즈네츠곡선(EKC) 가설	1. 모형의 적합성
2. 관련 선행연구	2. 환경쿠즈네츠곡선 가설검증결과
III. 분석모형의 설정과 분석자료	V. 결론
1. 분석모형	

## I. 서론

이제까지 소득수준과 환경오염 간의 역 U자형(inverted U-curve)의 관계, 소위 환경쿠즈네츠 곡선(Environmental Kuznets Curve, EKC)의 존재 여부에 대한 연구는 주로 국가를 대상으로 이루어졌다. 이는 근대화 이후 경제발전을 위한 노력은 국가를 중심으로 전략적으로 이루어져 왔으며, 경제발전을 추구하는 후발 국가들이 공통적으로 겪게 되는 심각한 환경오염문제 또한 국가적 차원에서 개선하려는 시도가 있어 왔기 때문이다.

그런데 환경오염문제는 그 성격의 복잡성과 다양성으로 인하여 중앙정부차원뿐만 아니라 지방정부차원에서도 접근할 필요가 있다. 그러나 대부분의 지방정부에서는 자체 인력 및 재원의 부족으로 인하여 적극적으로 각 지역의 환경문제에 대처하기 보다는 중앙정부나 상위 행정기관의 결정을 따라가는 이른 바 하향식(top-down) 접근태도를 보이는 경향이 있다. 이러한 현실적 상황은 그대로 학계에도 반영되고 있다. 즉 언급하였듯이 국가를 상대로 하는 환경쿠즈네츠곡선의 존재 여부에 대한 연구는 많이 있으나, 미시적 접근으로 지역별 소득수준

\* 서울디지털대학 부동산학부 교수

\*\* 한국토지공사 국토도시연구원 책임연구원

과 환경오염 간의 관계를 연구한 시도는 그리 많지 않다.

이에 본 연구에서는 1999년부터 2004년까지 경기도 지역을 대상으로 환경쿠즈네츠곡선(EKC) 가설을 검증해보고자 한다. 이를 위해 경기도 시·군의 1인당 지역소득(GRDP: Gross Regional Domestic Products)과 대표적인 대기오염물질인 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 미세먼지(PM10) 간의 관계를 실증분석을 실시하였다. 경기도의 시·군은 각 지자체별로 저마다 고유한 특성을 가지고 있어 지역별 특성효과를 반영하기 위하여 Error Component Regression 모형을 사용하여 환경쿠즈네츠곡선 가설을 검증하기로 한다. Error Component Regression 모형은 환경오염에 영향을 주는 누락변수를 효과적으로 통제할 수 있어 변수들의 영향력 정도를 보다 정확하게 추정할 수 있다는 장점이 있다.

## II. 경제성장과 환경오염의 관계

### 1. 환경쿠즈네츠곡선(EKC) 가설

경제와 환경간의 관계에 대하여 제기되고 있는 여러 가지 주장 중 가장 주목을 받고 있는 이론은 초기 경제발전은 환경오염과 자원고갈의 문제를 악화시키지만, 소득이 증가함에 따라 경제발전과 환경 간의 부정적인 고리를 끊을 수 있다는 이른바 환경쿠즈네츠곡선(EKC)이다<sup>1)</sup> (Seldon and Song, 1994; Holtz-Eakin and Selten, 1995; Grossman and Krueger, 1995; 1998; Koop and Tole, 1999; Hettige et al., 2000; Stern and Common, 2001; Ezzati et al., 2001; Dasgupta et al., 2002).

Seldon과 Song(1994)에 의하여 발전되기 시작한 환경쿠즈네츠곡선(EKC)에 대한 이론은 환경오염, 오염저감노력, 그리고 경제와의 변화과정(transition paths)을 설명하고 있다. 이를 효용함수로 설명하면 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \max \quad & \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C, W(K, A)) dt \\ \text{s.t.} \quad & \dot{K} = \Phi(K) - \delta K - C - A \quad \text{and} \quad A \geq 0, \end{aligned} \quad (\text{식 } 1)$$

(식 1)에서 효용함수(utility function)는 소비(C)와 오염(W)으로 구성되고 오염(W)은 다시 자본스톡(K)과 오염저감비용(A)에 의하여 결정되며 이들 간에는  $(W(K, A), \text{ with } \partial W / \partial K > 0, \partial W / \partial A < 0, \partial^2 W / \partial K^2 \geq 0, \partial^2 W / \partial A^2 > 0)$ 와 같은 함수관계가 존재한다. 생산( $\Phi(K)$ )은 한계생산물 체감의 법칙에 따라 자본(K)이 증가하면 생산량도 증가하지만 일정수준에 도달하게 되면 한

1) 환경쿠즈네츠곡선(EKC)의 명명은 1954년 경제학자 쿠즈네츠(S. Kuznets)가 경제성장과 소득불평등과의 관계를 밝히면서, 소득증가에 따른 불평등의 관계가 ‘역 U자의 곡선’ 모양을 띤다는 쿠즈네츠 가설을 인용한데서 비롯된 것이다.

계생산량은 감소하게 된다. 한편 자본( $K$ )은  $\delta$ 의 비율로 감가되고, 순투자(net investment)  $\dot{K} = \phi(K) - \delta K - C - A$ 이며, 자본의 초기스톡은  $K_0$ 이다. (식 1)에 따르면 국가의 정책결정자는 그 나라의 정책 우선순위나 경제발전 상태에 따라 국가경제의 효용을 최대화 시킬 수 있도록  $K$ ,  $C$ ,  $A$ , 그리고  $W$ 의 경로를 결정하여야만 한다.

경제개발 초기에는 산업 활동이 활발하지 않기 때문에 오염발생량과 소비량 모두 매우 저조할 가능성이 높아서 초기 오염배출저감비용  $A = 0$ 이 되지만, 산업 활동이 증가하면서 경제성장이 이루어지고 이에 따라 발생하는 환경피해를 줄이기 위하여 오염저감비용  $A$ 도 역시 증가하게 되다.

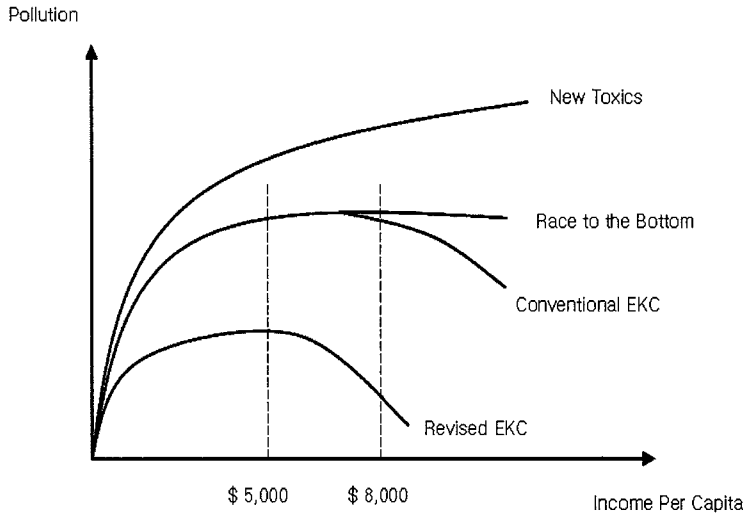
결국 국민소득이 증가할 때 소비의 한계효용은 일정하거나 감소하고, 오염의 한계비효용은 증가하고, 한계오염피해는 일정하거나 증가하고, 한계저감비용은 증가한다는 위와 같은 조건을 만족하게 되면 환경쿠즈네츠곡선(EKC)이 나타나게 되는 것이다. 그러나 이 이론모형은 정부가 오염통제에 대한 편익과 비용에 대한 충분한 정보를 가지고 오염을 규제한다는 것을 암묵적으로 가정하고 있으며, 또한 오염의 외부효과는 지역적으로 한정하고 있기에 지역정부차원의 경제적 유인책은 외부효과를 내부화(internalization) 할 수 있다고 가정하는 한계가 있다.

## 2. 관련 선행연구

EKC 가설에 대한 실증분석에 관한 연구는 현재에도 활발히 이루어지고 있으나 언급하였듯이 대부분 국가를 대상으로 하고 있다(Seldon and Song, 1994; Grossman and Krueger, 1995; Holtz-Eakin and Selten, 1995; 김지현, 1999; 김정인 외, 1999; Hettige et al., 2000; Stern and Common, 2001; 조상섭 외, 2001; Kim, 2002; 김지욱 2002; 김지현 · 최충익, 2006). 이들 연구들에 따르면 국가마다 차이가 있으나 대략 1인당 소득 5,000~8,000 달러 수준에 이르면 경제발전과 함께 증가하던 오염물질의 배출량이 증가추세를 멈추고 감소하기 시작하는 것으로 나타나고 있다.<sup>2)</sup> 이에 비하여 미시적 접근은 상대적으로 드물어 한 국가 내 지역을 대상으로 한 연구는 찾아보기 드물다. 우리나라의 경우 김지욱(2002)이 수도권지역을 대상으로, 김정인 · 김경희(2005)는 6개 광역도시를 대상으로 환경쿠즈네츠 가설을 검증하고자 시도한 바 있었다.

한편, 환경쿠즈네츠곡선(EKC)이 반드시 역 U자 형태로만 나타나지는 않는다는 사실을 보여주는 연구도 존재한다. de Bruyn과 Opschoor(1997)는 몇몇 선진국의 경우 소득증가에 따라 환경부하 정도가 감소하다가 다시 증가세로 돌아서는 N자형태의 관계를 보이고 있다고 주장하였다. 또한 <그림 1>에서 보이는 바와 같이 소득이 증가함에 따라 오염수준이 극대점에 도달한 후 감소하기 보다는 증가와 감소를 반복하면서 일정 수준을 유지하고 있는(race to bottom) 형태로 나타나는 변형된 형태의 환경쿠즈네츠곡선(EKC)이 발견되기도 하였다

2) 하지만 이 같은 수치는 분석방법에 따라 분석대상 오염물질에 따라 큰 차이를 보이고 있다.



출처: Dasgupta et al., (2002).

〈그림 1〉 환경쿠즈네츠곡선의 여러 가지 유형

(Dasgupta et al., 2002). 소득증대에 따라 대부분의 오염물질의 배출량은 감소하지만, 산업사회가 지속됨에 따라 규제대상이 되지 않는 새로운 독성물질의 배출량은 〈그림 1〉의 최상단 곡선처럼 지속적으로 증가하기도 한다. 이와는 대조적으로 선진국의 경험을 본보기로 삼아 경제발전 초기 단계부터 환경오염에 대한 관심을 기울여 소득수준이 증가하더라도 오염이 심하지 않아서 환경쿠즈네츠곡선(EKC)이 일찍 실현되기도 한다(Dasgupta et al., 2002).

우리나라 6대 도시를 대상으로 한 김정인·김경희(2006) 연구에서는 분석결과 역 U자의 환경쿠즈네츠 곡선이 도출되었고, 3차항에서 통계적으로 유의한 정(+)의 값이 나타나 소득수준이 계속 올라가면 다시 환경오염이 다시 증가하는 추세를 보이는 N자형이 도출되고 있다는 것을 실증적으로 보여주었다.

그렇다면 환경쿠즈네츠곡선(EKC)에 영향을 주는 주요 요인은 무엇인가? De Bruyn(1997)과 Hettige et al.(2000)은 주요 요인으로 소득증가에 따라 보다 깨끗한 환경의 질을 요구하는 소비자(환경에 대한 긍정적인 소득탄력성), 산업구조(industrial mix)와 기술의 변화, 환경친화적인 상품과 서비스를 선호하는 소비행태의 변화, 환경의식 증가, 그리고 정부의 오염저감정책 등을 언급하고 있다.

### III. 분석모형의 설정과 분석자료

#### 1. 분석모형

일반적으로 횡단면 자료와 시계열자료가 결합된 패널자료(panel data)일 경우 설정된 모형

의 오차항에는 횡단면 자료의 교란요인과 시계열자료의 교란요인 그리고 두 자료가 결합하여 생기는 교란요인이 모두 존재할 가능성이 높다. 따라서 패널자료를 최소자승법(OLS: ordinary least square)을 적용하여 추정하면 오차항에 이분산과 자기상관이 발생할 가능성이 높다. 이러한 오차들을 통제하기 위해 Error Component Regression Model을 이용하는 것이 좋다. 왜냐하면 Error Component Regression Model은 시계열자료와 횡단면 자료에서 발생할 수 있는 다중공선성문제를 완화시켜주며, 순수한 시계열 및 횡단면 자료로는 쉽게 얻을 수 없는 효과들을 추정할 수 있기 때문이다. 무엇보다도 Error Component Regression Model은 독립변수로 통제할 수 없는 누락변수(omitted variable)에 대해 통계적으로 통제를 해줘 최소자승법(OLS)을 적용했다면 과대추정될 가능성을 줄여준다.

본 연구에서는 대기 오염과 경제성장의 관계를 분석하기 위해 다음 (식 2)와 같은 Error Component Regression Model을 설정한다.

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \mu_{it}, \text{ 여기서 } \mu_{it} = \mu_i + \nu_{it} \quad (\text{식 2})$$

여기서  $Y_{it}$ 와  $X_{it}$ 는  $i$  번째 지역(시 또는 군)의  $t$  시점의 관측치가 결합된 종속변수와 설명변수이다.  $X_{it}$ 가  $k$ 개라면  $\beta$ 는  $(k \times 1)$  벡터이다. 잔차항은  $\mu_{it}$ 에 대해 어떤 가정을 하고 추정하느냐에 따라 고정효과모형(fixed effects model)과 확률효과모형(random effects model)으로 나눌 수 있다.  $\mu_{it}$ 가 특정한 확률분포를 따르지 않고, 횡단면자료마다 고정된 모수를 가지면 고정효과 모형이고,  $\mu_{it}$ 가 iid(0,  $\sigma_u$ )의 분포를 갖는 임의변수이면 확률효과모형이 된다.

고정효과모형(fixed effects model)이란 시계열단위나 횡단면 단위가 서로 다른 절편 값을 갖게 될 것이란 가정 하에 결합된 자료를 활용하여 추정하는 모형이다. 고정효과 모형에서는 설명변수와 상수항사이에 종속관계가 없다면 기존의 회귀방정식에서 더미를 도입하여 추정할 결과와 같다.

확률효과모형(random effects model)은 상수항  $\alpha$ 가 지역별로 다르고 오차항이 정규분포를 따르는 확률변수라는 가정 하에 추정하는 것이다. 절편항의 값이 시기와 횡단면 단위에 따라 변화하는 요인을 오차항의 분포에서 찾으려는 모형이다. 확률효과모형에서는 오차항이 3가지 서로 독립적인 요인, 즉 시간과 횡단면 단위 그리고 두 항목의 복합적 요인으로 구성되었다고 가정한다.

본 연구에서는 1인당 GRDP와 대기오염물질 배출량에 영향을 주는 산업구조가 각 지역마다 독특한 특성을 가지고 있을 것이란 가정 하에 오차항을 지역특성효과로 분해한다. 시간에 따르는 구조적이고 체계적인 영향력이 동일하게 각 시군에 영향을 미쳤을 것이란 가정 하에 오차항을 시간특성효과로도 분해한다. 이에 따라 본 연구에서는 Two-way Error Component Regression Model<sup>3)</sup>을 통해서 환경쿠즈네츠곡선(EKC)의 존재를 검증해보고자 한다. 3가지 대

기오염물질인 질소산화물( $\text{NO}_x$ ), 황산화물( $\text{SO}_x$ ), 미세먼지( $\text{PM}_{10}$ )과 1인당 지역별 소득수준( $\text{GRDP per capita}$ ) 간의 환경쿠즈네츠곡선의 추정을 위해 선형함수 대신에 로그-로그(log-log) 함수의 형태를 선택했으며 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\ln \text{NO}_x = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{GRDP} + \beta_2 (\ln \text{GRDP})^2 + \varepsilon_{it} \quad (\text{식 } 3)$$

$$\ln \text{SO}_x = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{GRDP} + \beta_2 (\ln \text{GRDP})^2 + \varepsilon_{it}$$

$$\ln \text{PM}_{10} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{GRDP} + \beta_2 (\ln \text{GRDP})^2 + \varepsilon_{it}$$

## 2. 분석자료

본 연구에서 사용한 자료는 1999년부터 2004년까지 경기도 31개 시·군의 1인당 지역소득( $\text{GRDP}$ )자료와 지역별 지리와 이동오염원과 연관성이 높은 대기오염물질인 질소산화물( $\text{NO}_x$ ), 황산화물( $\text{SO}_x$ ), 미세먼지( $\text{PM}_{10}$ )이다.<sup>4)</sup> 1인당  $\text{GRDP}$ 는 경기도 홈페이지에 발표된 자료를, 대기오염물질 배출량자료는 국립환경과학원의 대기정책지원시스템( $\text{CAPSS: Clean Air Policy Support System}$ )이 구축한 자료를 이용하였다. 대기정책지원시스템에서 구축하고 있는 대기오염물질의 배출원은 산업시설 등 고정오염원 뿐 아니라 도로이동오염원, 비도로이동오염원 등을 대상으로 오염물질을 배출량을 구축하고 있다.

〈표 1〉에서 보이는 바와 같이 경기도 전체의  $\text{GRDP}$ 는 1999년부터 2004년까지 꾸준히 증가하고 있다. 그런데 전체적인 경기도의 소득수준이 증가하는 것과 함께 표준편차가 지속적으로 늘어나고 있는 것으로 보아 지역 간 격차가 커지는 것으로 보인다. 〈표 1〉에서 보는 바대로 1999년에는 가장 소득수준이 높은 지역의  $\text{GRDP}$ 는 약 11조이고 소득수준이 낮은 지역의  $\text{GRDP}$ 는 5천억 정도였으나, 2004년에는 전자가 약 18.8조로  $\text{GRDP}$ 가 급성장한 반면에

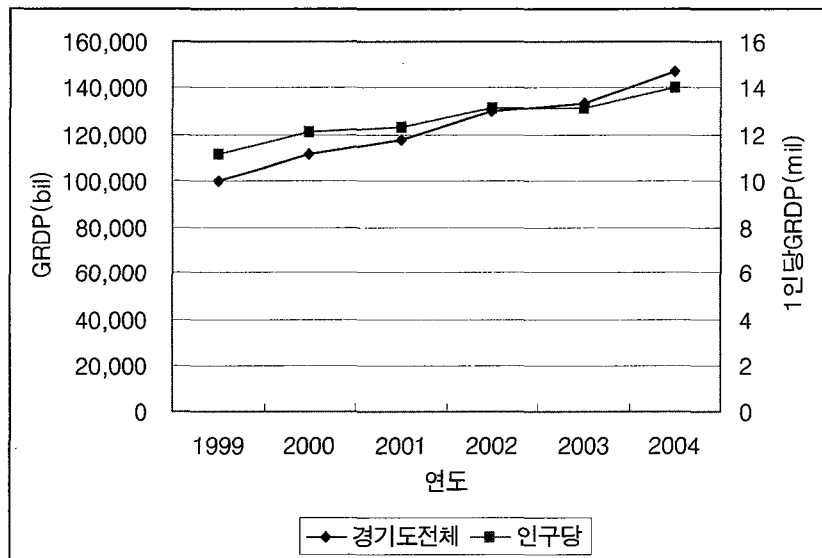
〈표 2〉 경기도  $\text{GRDP}$  기초통계량

(단위: 10억 원, 2000년 = 100)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
평균	3,213	3,606	3,795	4,201	4,311	4,734
표준편차	2,797	3,146	3,263	3,709	3,859	4,380
합계	99,613	111,793	117,655	130,221	133,649	146,743
최대값	10,944	12,253	12,845	14,727	14,349	18,796
최소값	504	534	582	570	517	548

자료: 경기도청 홈페이지 통계정보의 지역내총생산 자료를 재구성한 것임.

- 3) Error Component Regression Model은 개별특성효과만을 보는 One-way Error Component Regression Model과 개별특성효과와 시간특성효과를 동시에 보는 Two-way Error Component Regression Model로 구분된다.  
4) 본 분석에서는 1인당 오염물질 배출량을 사용하였다.



〈그림 2〉 경기도 전체 GRDP와 1인당 GRDP 비교

소득수준이 낮은 지역의 GRDP는 거의 증가하지 않은 것으로 나타났다.

같은 기간 경기도의 1인당 GRDP 역시 꾸준히 증가하고 있으나 전체 GRDP의 증가세보다는 낮은 것으로 보인다(〈그림 2〉 참조). 즉 이 기간 동안 경기도의 인구는 꾸준히 증가하였고 인구증가에 따라 경제활동도 커지고 있으나, 1인당 소득수준은 이에 상응하는 수준은 아님을 보여준다.<sup>5)</sup>

〈표 2〉는 1999년부터 2004년까지 경기도의 질소산화물( $\text{NO}_x$ ), 황산화물( $\text{SO}_x$ ), 미세먼지( $\text{PM}_{10}$ )의 배출량에 대한 기초통계량을 정리한 것이다. 이 기간 동안 질소산화물의 배출량은 증가추세에 있는데, 특히 2001년부터 2003년에는 비교적 크게 증가하였다. 미세먼지의 경우도 같은 기간 꾸준히 증가하고 있었다. 반면 황산화물의 배출량은 꾸준히 감소하고 있었다.

3가지 대기오염물질의 1인당 배출량 역시 전체 배출량과 유사한 경향을 보인다. 〈그림 3〉에서 보이는 바처럼 질소산화물의 1인당 배출량은 1999년부터 2001년에 감소하다가 다시 증가세로 전환하여 2003년까지 증가하다가 2004년부터는 다시 감소하고 있었다. 같은 기간 황산화물의 전체 배출량과 1인당 배출량은 모두 꾸준히 감소하고 있다. 미세먼지의 1인당 배출량은 전반적으로는 증가추세이지만 1999년~2000년, 2003년~2004년 기간에는 감소하였다.

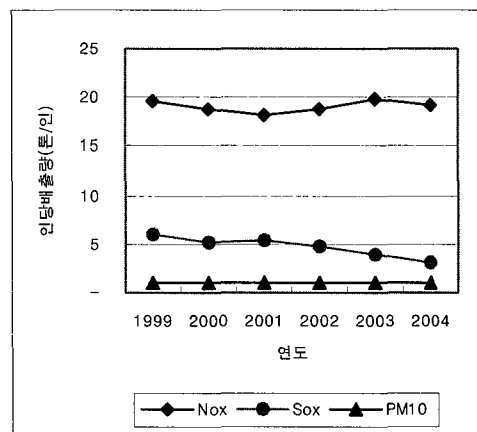
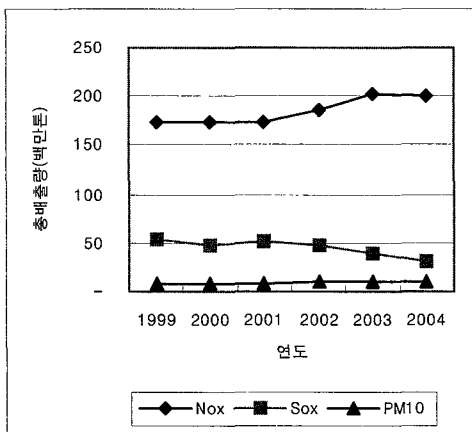
5) 경기도의 인구는 분석 기간 중 꾸준히 증가하고 있으며 2003년에는 천만 명을 넘어섰다.

〈표 2〉 경기도 대기오염물질 배출량 기초통계량

(단위: 천 톤)

구분		1999	2000	2001	2002	2003	2004
NOx	평균	5,632	5,606	5,606	6,002	6,558	6,486
	표준편차	4,372	4,199	4,676	4,655	5,015	4,707
	총배출량	174,577	173,783	173,799	186,066	203,290	201,078
	최대값	19,420	18,394	20,553	17,317	19,478	15,472
	최소값	918	1,018	1,100	921	973	1,225
SOx	평균	1,743	1,535	1,634	1,512	1,281	1,012
	표준편차	2,519	2,728	3,218	2,601	1,941	1,541
	총배출량	54,044	47,574	50,641	46,883	39,714	31,387
	최대값	11,442	14,476	16,365	11,375	7,896	7,096
	최소값	44	42	39	38	33	39
PM <sub>10</sub>	평균	278	278	293	306	340	332
	표준편차	204	174	199	213	231	228
	총배출량	8,629	8,615	9,098	9,495	10,533	10,287
	최대값	993	727	785	839	928	861
	최소값	50	52	59	48	47	62

자료: 국립환경과학원 CAPSS.

〈그림 3〉 경기도의 NOx, SOx, PM<sub>10</sub>의 배출량 비교: 전체배출량과 1인당 배출량



## IV. 실증분석 결과

### 1. 모형의 적합성

Error Component Regression Model을 적용하여 경기도를 대상으로 환경쿠즈네츠곡선(EKC)을 추정한 결과를 분석하기 전에 먼저 Hausman 검정 결과를 이용해 어느 모형이 더 적합한지를 판단할 필요가 있다. 즉 Hausman 검정의 귀무가설이 성립하면 고정효과모형과 확률효과모형에서 얻은 값이 모두 일치추정량이 된다. 반면 대립가설이 성립하게 되면 고정효과모형은 일치 추정량이 되지만 확률효과모형의 값은 일치추정량이 되지 못한다.

〈표 3〉에서 보는 바처럼 질소산화물( $\text{NO}_x$ )의 경우 Hausman 검정에 의한  $m$ 값은 7.32 ( $\text{Pr} > 0.0258$ )로 나타나 고정효과모형이 더 타당한 것으로 나타났다. 이는 질소산화물의 경우 경기도의 각 시·군구별마다 질소산화물 배출량에 영향을 미치는 고유한 요인이 있음을 보여주는 것이다.  $R^2$ 값도 고정효과 모형의 경우가 0.944로 확률효과모형 0.36보다 훨씬 크다.

황산화물( $\text{SO}_x$ )의 경우 Hausman 검정에 의한  $m$ 값은 1.50( $\text{Pr} > 0.4727$ )로 나타나 확률효과모형이 더 타당한 것으로 나타났다. 황산화물의 경우 경기도의 각 시·군마다 배출량에 영향을 미치는 고유한 요인이 존재하지 않고 확률적임을 보여주는 것이다. 반면,  $R^2$ 값의 경우 확률효과모형보다 고정효과모형의 값이 더 크게 나타났다.

미세먼지( $\text{PM}_{10}$ )에 대한 환경쿠즈네츠곡선 검증결과는 확률효과모형보다 고정효과모형이 더 적합한 것으로 나타났다. Hausman 검정에 의한  $m$ 값은 8.64( $\text{Pr} > 0.0133$ )로 나타나 고정효과모형이 더 타당한 것으로 나타났다. 미세먼지의 경우 경기도의 각 시·군구별마다 배출량에 영향을 미치는 고유한 요인이 있음을 보여주는 것이다.  $R^2$ 값도 고정효과모형의 경우가 0.914로 확률효과모형보다 훨씬 크다.

### 2. 환경쿠즈네츠곡선 검증 결과

첫째, 고정효과모형에 따르면 1인당 GRDP( $\ln \text{GRDP}$ ) 변화에 따르는 질소산화물( $\text{NO}_x$ )의 단위탄력성은 1.928, GRDP의 2차 증가분의 단위탄력성( $(\ln \text{GRDP})^2$ )은 -0.257로 음(-)의 값을 보였다. 1인당 GRDP 계수의  $t$ 값의 절대치가 3.07로 유의수준 1%에서 유의한 것으로 나타났고 1인당 GRDP의 2차 증가분 계수의  $t$ 값이 -2.31로 유의수준 5%에서 유의한 것으로 나타났다. 이처럼 질소산화물의 경우 소득의 2차항의 계수가 음의 값을 나타내고 있어, 1999년에서 2004년까지 기간 동안 경기도 시·군에서는 환경쿠즈네츠곡선이 존재한다는 것이 검증되었다. 즉 경기도의 31개 시·군들 가운데 1인당 소득수준이 낮은 시·군들은 질소산화물 배출량도 적지만, 소득수준이 올라가면서 질소산화물 배출량이 많아진다는 것이다. 그러나 소득수준이 일정수준 이상 되는 시·군들은 오히려 질소산화물 배출량이 점차 감소하는 경향을

보여주고 있음을 알 수 있다.

둘째, 1인당 GRDP 변화에 따르는 황산화물의 단위탄력성이 -0.82로 음의 값을 보였다. 1인당 GRDP의 2차 증가분의 단위탄력성은 0.271로 양(+)의 값을 보여 경기도내 시·군들에서는 환경쿠즈네츠곡선이 나타나지 않았다. 또한 1인당 GRDP 1차항, 2차항의 계수 모두 유의수준 10%에서 유의하지 않은 것으로 나타나 1인당 소득과 황산화물의 배출량과의 관계는 환경쿠즈네츠곡선의 가설이 실현되지 않는 것으로 나타났다.

마지막으로 고정효과모형에 따르면 1인당 GRDP 변화에 따르는 미세먼지(PM<sub>10</sub>)의 단위탄력성은 2.499, 1인당 GRDP의 2차 증가분의 단위탄력성은 -0.363으로 음(-)의 값을 보였다. 그리고 두 계수 모두 유의수준 1%에서 유의한 것으로 나타났다. 미세먼지의 경우 1인당 GRDP의 2차항 계수가 음의 값을 나타내고 있어, 질소산화물과 마찬가지로 1999년~2004년 동안 경기도에서는 미세먼지의 배출량과 소득간에는 환경쿠즈네츠곡선이 존재한다는 것이 검증되었다. 즉 경기도의 31개 시·군들 가운데 1인당 소득수준이 낮은 시·군들은 미세먼지 배출량도 적지만 소득수준이 올라가면서 미세먼지의 배출량도 함께 증가하나, 소득이 일정 수준 이상 되는 시·군들은 오히려 미세먼지 배출량이 점차 감소하는 추세를 보여주고 있음을 알 수 있었다.

이제까지의 Error Component Regression 모형을 통해 환경쿠즈네츠곡선의 가설을 검증해본 결과 경기도의 경우 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 배출량과 소득수준 간에는 역 U자 형태의 관계가 성립함을 확인할 수 있었다. 이는 각 지자체에 따라 소득수준이 올라갈수록 이들 대기오염물질의 배출량이 감소하고 있음을 보여주는 것이다. 하지만 황산화물(SO<sub>x</sub>)은 소득수준과 환경오염 간에는 역 U자 형태의 관계가 성립하지 않는 것으로 나타났다.

국립환경과학원(2006)에 따르면 질소산화물과 미세먼지의 주된 배출원은 산업시설과 함께 자동차와 같은 도로이동오염원이다. 따라서 소득수준이 증가할수록 배출량도 증가할 것으로 예상되는 대기오염물질이나, 이와 함께 배출저감을 위해 각 시·군별로 기울이는 노력이 일정수준 성과를 보고 있다고 말할 수 있다.

이에 반하여 황산화물은 환경쿠즈네츠곡선이 나타나지 않았는데 그 이유는 경기도의 소득수준이 전반적으로 황산화물의 배출량이 줄어드는 전환점(turning point)을 지났기 때문으로 판단된다. 왜냐하면 이제까지 환경쿠즈네츠곡선의 존재여부를 실증 분석한 많은 연구들은 황산화물은 소득수준이 올라갈수록 가장 빨리 배출량이 저감되는 대기오염물질 중의 하나라는 것을 주장하였기 때문이다(Selden and Song, 1994; 김정인·김진옥·박창원, 1999; 김지현, 1999; 김지현·최충익, 2006). 실제로 우리나라의 경우도 1인당 국민소득(GDP)이 1만 불에 가까워지면서 황산화물의 배출량은 현저하게 감소하기 시작하였다(김지현, 1999). 따라서 본

〈표 2〉 경기도의 환경쿠즈네츠곡선 검증결과(로그-로그 함수)

오염물질	변수	확률효과모형 (Random Effects)	고정효과모형 (Fixed Effects)
		coefficient(t-value)	coefficient(t-value)
ln NOx	intercept	7.434(10.08)***	6.489(6.74)***
	ln GRDP	1.352(2.47)***	1.928(3.07)***
	(ln GRDP) <sup>2</sup>	-0.140(-1.39)	-0.2566(-2.31)**
	R <sup>2</sup>	0.165	0.927
Hausman Test	DF	2	
	m Value	7.32	
	Pr > m	0.0258	
ln SOx	intercept	8.191(4.73)***	10.030(4.85)***
	ln GRDP	-0.821(-0.66)	-1.164(-0.87)
	(ln GRDP) <sup>2</sup>	0.271(1.19)	0.281(1.18)
	R <sup>2</sup>	0.036	0.944
Hausman Test	DF	2	
	m Value	1.50	
	Pr > m	0.4727	
ln PM10	intercept	4.123(4.78)***	2.853(2.43)**
	ln GRDP	1.641(2.53)***	2.499(3.27)***
	(ln GRDP) <sup>2</sup>	-0.194(-1.61)	-0.363(-2.68)***
	R <sup>2</sup>	0.150	0.914
Hausman Test	DF	2	
	m Value	8.64	
	Pr > m	0.0133	

\*, \*\*, \*\*\*: 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 유의.

연구에서는 1999년부터 2004년까지 경기도를 연구대상으로 하였으며 1999년은 이미 경기도의 1인당 GRDP가 1만 불에 육박하는 시점이기때 황산화물의 환경쿠즈네츠곡선이 관찰되지 않는 것 같다(〈그림 2〉 참조).

## V. 결 론

본 연구에서는 경기도 지역을 대상으로 각 시·군별 소득수준과 대기오염배출량(NOx, SOx, PM<sub>10</sub>) 간의 환경쿠즈네츠곡선 가설여부를 Error Component Regression Model를 사용하여 실증분석하였다. 분석결과 질소산화물과 미세먼지는 시·군들의 소득이 낮을수록 배출량이

적다가 소득이 증가함에 따라 배출량도 증가하지만, 소득이 일정수준을 넘어 증가하면 배출량이 감소함으로써 환경쿠즈네츠곡선의 존재가능성을 보여주었다. 그러나 황산화물의 경우는 이미 경기도 자체가 환경쿠즈네츠곡선의 소득의 전환점을 넘는 소득수준에 있기 때문에 환경쿠즈네츠곡선이 발견되지 않았다.

선행연구들은 일반적으로 소득증가에 따라 정부의 환경투자나 오염물질 저감기술의 발달 등이 환경쿠즈네츠곡선의 존재를 가능하게 하지만, 본 연구를 통해서 좀 더 미시적으로 차원에서 하나의 광역행정구역내에서도 지역간에 환경쿠즈네츠곡선이 존재할 수 있음을 알 수 있었다.<sup>6)</sup> 즉 각 시·군들은 각각의 인구특성, 산업구조, 지리적 입지 및 도시구조, 차량통행량, 지자체별 환경오염저감 노력 등 지역적 특성이 존재할 것이며 이것이 본 연구에서 시도한 Two-way Error Component Regression Model을 통해서 고정효과가 타당하다는 Hausman 검정결과를 통해 알 수 있었다.

경기도는 서울, 인천과 함께 우리나라 대기오염문제의 핵심지역이다. 이에 이들 세 지역은 ‘수도권 대기환경특별대책’을 마련하여 많은 노력과 재정투자를 하고 있다. 그러나 보다 더 효과적인 대기오염개선을 위해서는 지역적 특성이 반영된 접근이 필요할 수 있을 것이다.

따라서 추후 연구는 각 지역별 특성을 좀 더 반영할 수 있는 변수, 즉 인구밀도, 도시화면적, 산업구조, 에너지소비량 등을 추가하여 모형을 좀 더 정교화한 후 환경쿠즈네츠곡선 가설을 검증할 필요가 있으며 이러한 연구결과가 축적되어야 환경정책과 연계시킬 수 있으리라 본다.

## 참고문헌

- 국립환경과학원(2006), 『수도권 대기질 개선대책 효과분석 및 사후관리방안』.
- 국립환경과학원(1999~2004), 대기정책지원시스템(CAPSS: Clean Air Policy Support System).
- 김정인·김진욱·박창원(1999), “주요 OECD 국가의 환경 쿠즈네츠 곡선 검증”, 『환경경제연구』 제8권 1호, 한국환경경제학회, pp. 77-108.
- 김정인·김경희(2005), “한국의 환경쿠즈네츠 곡선에 관한 고찰” 『통계연구』 제10권 1호, 통계청, pp. 119-144.
- 김지욱(2002), “확률계수모형을 이용한 수도권지역의 환경 쿠즈네츠 가설에 관한 재고찰” 『자원·환경경제연구』, 제11권 3호, 한국환경경제학회, pp. 377-398.
- 김지욱(2003), “환경오염과 경제성장간의 관계에 대한 모형구축 및 실증분석” 『자원·환경경제연구』, 제12권 3호, 한국환경경제학회.

6) 실제로 용인, 이천 등은 1인당 GRDP가 비교적 높음에도 불구하고 대기오염물질 배출량은 적은 지역들이다.

- 김지현(1999), "Does an Environmental Kuznets Curve Exist in Korea's Case?", 『환경정책』, 제7권 1호, 한국환경정책학회, pp. 169-191.
- 김지현 · 최충익 (2006), "환경적 측면에서 평가한 경제발전 유형의 국제비교분석", 『환경정책』, 제14권 1호, pp. 147-167.
- 이정전 · 정희성(2003), "한국 환경정책의 발달동인: 정책의 창문은 어떻게 열렸는가?", 『환경정책연구』 제2권 1호, pp. 1-29.
- 조상섭 · 강신원 · 김동엽(2001), "비정태적 패널자료를 이용한 환경 쿠즈네츠 가설에 대한 실증분석: OECD 17개국 사례분석", 『자원 · 환경경제연구』 제10권 4호, 한국환경경제학회, pp. 619-632.
- 최충익 · 김지현(2006), "지속가능한 경제정책을 위한 기초연구: 경제성장에 따른 대기환경오염 변화를 중심으로", 『한국정책학회보』, 제15권 2호, 한국정책학회, pp. 109-129.
- 한국환경 · 정책평가연구원(2001), 『온실가스 저감조치의 환경적 편익분석』.
- 환경부(2005) 『환경통계연감』 제18호, pp. 111-116.
- Dasgupta, Laplant, Wang and Wheeler (2002), "Confronting Environmental Kuznets Curve", *The Journal of Economic Perspectives*, 16(1), pp.147-168.
- de Bruyn, S., den Bergh, J. and Opschoor, J. (1998), "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets Curve" *Ecological Economics*, 25, pp. 161-175.
- Ezzati, M., Singer, B. and Kammen, D. (2001) "Toward an integrated framework for development and environment policy: the dynamics of Environmental Kuznets Curves", *World Development* 29, 8 pp. 1421-1434.
- Hettige, H., Mani, M. and Wheeler, D. (2000) "Industrial pollution in economic development: Kuznets revisited" *Journal of Development Economics*, 62, pp. 445-476.
- Holtz-Eakin, D. and Selten T. (1995), "Stocking the fires? CO2 emissions and economic growth", *Journal of Public Economics* 57, pp. 85-101.
- Grossman, G., and Krueger, A. (1995), "Economic growth and the environment" *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), pp. 353-377.
- Kim, Ji-Hyun (2002), "Changes in Consumption Patterns and Environmental Degradation in Korea," *Structural Changes and Economic Dynamics* 13, Elsevier Science B.V., pp. 1-48.
- Koop, G., and Tole, L. (1999) "Is there an environmental Kuznets curve for deforestation?", *Journal of Development Economics* 58, pp. 231-244.
- Selden, T. and Song D. (1994), "Environmental quality and development: Is there a Kuznets Curve air pollution emissions?" *Journal of Environmental Economics and Management* 27, pp. 147-162.
- Schmalensee, R., Stoker, T. and R. Judson (1998), "World Carbon Dioxide Emissions: 1950-2050",

*Review of Economics and Statistics*, Vol. 80, 1998, pp. 15-27.

Stern, D. and Common, M. (2001), "Is there an Environmental Kuznets Curve for Sulfur" *Journal of Environmental Economics and Management* 41, pp. 162-178.

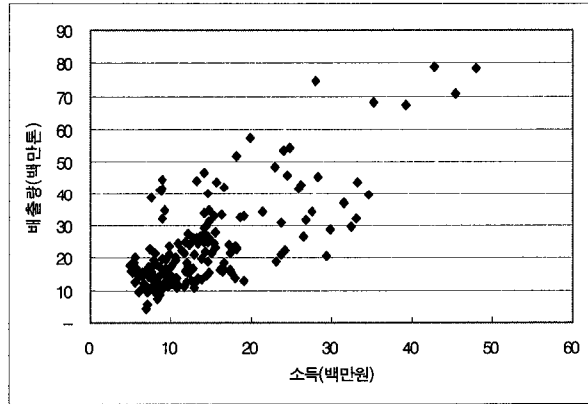
Unruh, G. C. and W. R. Moomaw (1998), "An Alternative Analysis of Apparent EKC-Type Transitions", *Ecological Economics*, Vol. 25, pp. 221-229.

기타

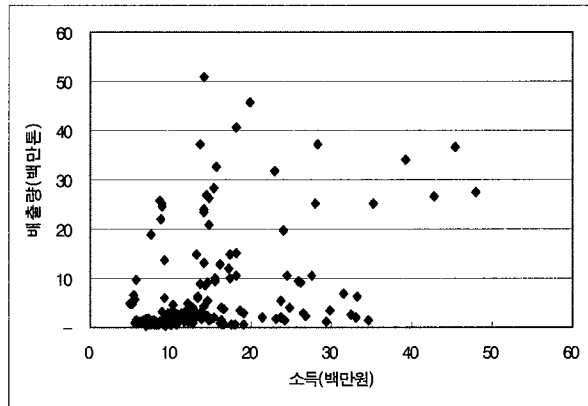
경기도청 홈페이지

[http://portal.gg.go.kr/portal/site/gg/template.PAGE/page.GG\\_KYUNGGI\\_ABOUT\\_PAGE](http://portal.gg.go.kr/portal/site/gg/template.PAGE/page.GG_KYUNGGI_ABOUT_PAGE)

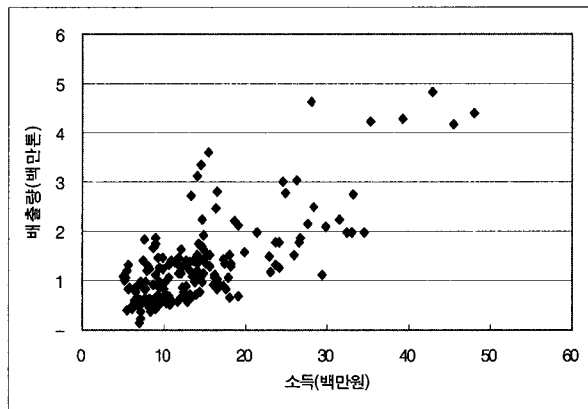
## 부 록



〈부록 1〉 경기도 1인당 GRDP와 NOx 배출량('99~'04)



〈부록 2〉 경기도 1인당 GRDP와 SOx 배출량('99~'04)



〈부록 3〉 경기도 1인당 GRDP와 PM10 배출량('99~'04)